

約 80 年供用した高架橋から採取した鉄筋の腐食と機械的性質

西日本旅客鉄道（株）正会員○近藤拓也 西日本旅客鉄道（株）正会員 吉田隆浩
西日本旅客鉄道（株）正会員 荒巻 智 （株）レールテック 正会員 大江崇元

1. はじめに

コンクリート中の鉄筋腐食に関する報告は多数あるが、主として JIS が制定された 1960 年代以降に建設された構造物での報告がほとんどであり、それ以前に建設された構造物の報告は少ない¹⁾。JIS 制定前の鉄筋は化学成分が現在のもとは異なること、またこれらの構造物はますます供用年数が増加するため、維持管理の観点からも、この種の鉄筋の機械的性質を把握することが重要となる。今回、約 80 年間供用後に撤去した高架橋から鉄筋を採取し、各機械的性質について調査したので報告する。

2. 調査概要

高架橋および採取した鉄筋の概要を表-1 に示す。また、母材コンクリートについては塩化物イオン量と中性化深さについて、それぞれ JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオン量の試験方法」、JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」に基づいた調査を実施し、鉄筋腐食の原因推定を行った。

採取した鉄筋の腐食度評価は表-2 に基づき実施した。また、採取鉄筋の引張試験は JIS Z 2241「金属材料引張試験方法」に基づき実施し、降伏応力、引張強さ、破断伸びを測定した。なお、鉄筋腐食量の評価は断面積を測定することにより評価を行ったが、JIS Z 2241 に従い標点間の両端部および中央部の 3 点をノギスで測定した。また、燃焼赤外線吸収法、発光分光分析法を用いて鉄筋中に含まれる組成分析も実施した。

3. 試験結果

3-1 鉄筋腐食度調査と原因推定

図-1 に中性化残りの平均値と範囲を示す。なお、採取した鉄筋の腐食度はすべての部位で腐食度 I であった。また採取した鉄筋の平均断面減少率と最大断面減少率の関係を図-2 に示す。本構造物に含まれていた鉄筋位置での塩化物イオン量は 0.3kg/m³ であった。中性化と塩化物イオンによる複合劣化の目安とされる塩化物イオン量が 0.6kg/m³ 以下⁴⁾ であること、また塩害が主原因で腐食した鉄筋事例と比較し

表-1 調査高架橋概要

名称	建設年	鉄筋概要		
		箇所	本数	鉄筋径
A 高架橋	1934	床版	3	φ 22
		梁	3	φ 25
B 高架橋	1929	床版	24	φ 19
		梁	6	φ 25
		柱	6	φ 25

表-2 鉄筋腐食度の評価基準²⁾

腐食度	評価基準
0	施工時の状態を保ち、以降の腐食が認められない
I	部分的に軽微な腐食が認められる
II a	表面の大部分に腐食が認められる
II b	部分的に断面欠損が認められる
III	鉄筋の全周にわたり断面欠損が認められる
IV	鉄筋断面が 1/6 以上欠損している

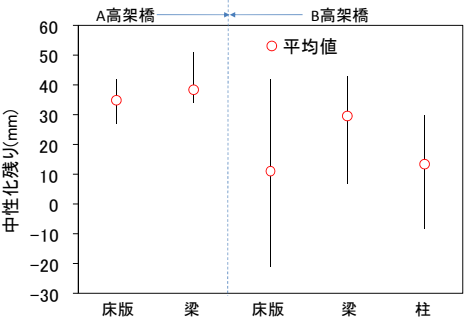


図-1 中性化残りの平均と範囲

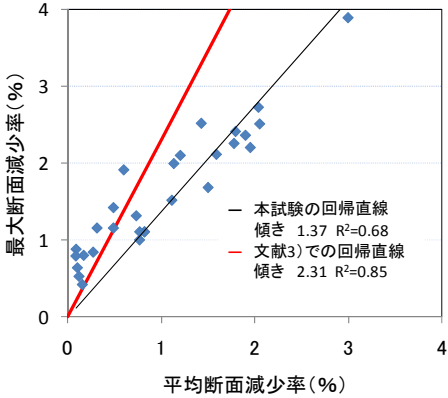


図-2 鉄筋の最大-平均断面積の関係

キーワード：供用年数、鉄筋腐食、機械的性質、中性化、化学組成
連絡先：大阪市北区芝田 2-4-24 西日本旅客鉄道（株）鉄道本部施設部土木技術課

(図-2 中文献 3) での回帰直線), 平均断面減少率と最少断面減少率の比が小さいこと, 塩害が原因で腐食が生じた場合, 孔食等により局部的に腐食が大きくなることから, 本構造物から採取した鉄筋は中性化が主原因で腐食を生じたものと考えられる。

3-2 鉄筋の機械的性質

採取した鉄筋の断面減少率と降伏応力, 引張強さの関係を図-3, 破断伸びとの関係を図-4 にそれぞれ示す。すべての結果について, 断面減少率が 4% 以内の範囲では値がほぼ一定値で推移しており, むしろ同一断面減少率における各機械的性質のばらつきが大きい。これは, 文献 5) や表-3 に示すように, 同一工程で生産したと考えられる鋼材についても, 品質がばらつくものであったことから, 今回の結果でも機械的性質のばらつきが生じたものと考えられる。

それぞれの機械的性質について, 腐食減少量を平均断面減少率と最小断面減少率で評価を行ったが, いずれで評価を行っても有意な差は表れなかった。これは中性化が主要因で腐食したため, 孔食等局所的な腐食が少なかったこと, また鉄筋腐食度が I と軽微であったためだと考えられる。

特徴的な結果として, 現在の JIS で制定されている破断伸びと比較し, 10 ポイント程度大きい値を示していることが分かる。これは, 表-3 に示すように鉄筋中の炭素およびマンガン含有量が少ないためだと考えられる。そのため, 鉄筋腐食度が 0 から I 程度では, 昭和初期に製造された鉄筋はいずれも高い伸び能力を保有するものと考えられる。

なお, 図-3 および図-4 より, 今回調査した鉄筋は現在の JIS 規格で SR235 に相当する性質を有しているものと考えられる。

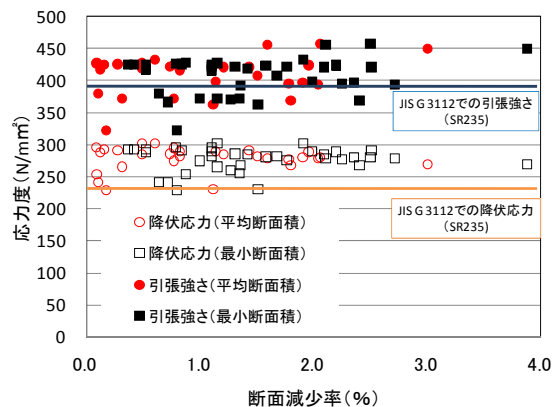


図-3 断面減少率と降伏応力・引張強さの関係

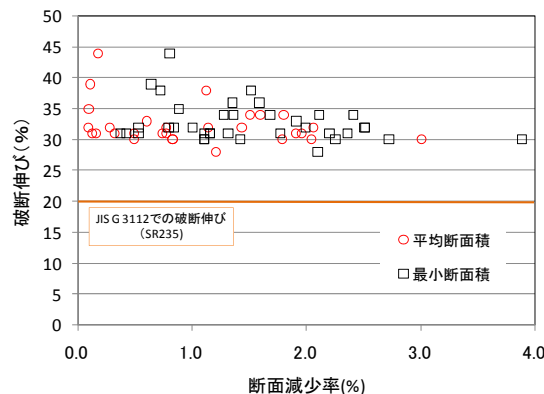


図-4 断面減少率と破断伸びの関係

表-3 鉄筋中の化学組成分析結果 (B 高架橋)

	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
床板	0.12	0.10	0.49	0.016	0.048
梁	0.17	0.12	0.42	0.029	0.060
柱	0.16	<0.01	0.37	0.003	0.018

4. まとめ

昭和初期に建設された RC 構造物から採取した鉄筋の断面減少率と各機械的性質について調査を行った。鉄筋の断面減少率は最大で約 4% であったが, 今回の調査で得られた結果を下記に示す。

- 1) 断面減少率よりも鉄筋毎の機械的性質のばらつきが大きい。
- 2) 最小断面積による評価と, 平均断面積による評価で機械的性質に有意な差は見られなかった。
- 3) 破断伸びは JIS 規格の鉄筋より大きな値を示した。

【参考文献】

- 1) コンクリート技術シリーズ No.71 材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能, 土木学会, 2006
- 2) 鳥取ら: 鉄筋腐食から見た既設鉄道高架橋の耐久性評価, コンクリート構造物のリハビリテーションに関するシンポジウム論文集, pp. 49-54, 1998
- 3) 加藤ら: 塩害を受けた橋梁上部工の劣化状況のばらつきに関する考察, コンクリート工学年次学術論文集, Vol.28, Vol.1, pp. 911-916, 2006
- 4) 国土交通省鉄道局監修, 鉄道構造物等維持管理標準・同解説 (構造物編 コンクリート構造物), 2007
- 5) 鋼構造シリーズ 14 歴史的鋼橋の補修・補強マニュアル, 土木学会, 2006